

DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA RIGIDEZ AXIAL DE UM MACACO HIDRÁULICO TIPO GARRAFA

Cibele Mota Menezes, cibele_menezes@hotmail.com¹

Lázaro Sabas Marques Silva Cheles Nascimento, sabasengcivil@hotmail.com¹

Vanessa Cruz Pacheco, vanessa_cruz_pacheco@hotmail.com¹

Alexandre de Macêdo Wahrhaftig, alixa@ufba.br^{1,2}

¹Universidade Federal da Bahia (UFBA), Escola Politécnica, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPEC), Rua Aristides Novis, nº 02, 8º andar, Federação, Salvador – BA, CEP: 40210-630, Brasil

²Universidade Federal da Bahia (UFBA), Escola Politécnica, Departamento de Construção e Estruturas (DCE), Rua Aristides Novis, nº 02, 5º andar, Federação, Salvador – BA, CEP: 40210-630, Brasil

Resumo: Neste trabalho, é apresentado um estudo experimental para a determinação da rigidez axial de um macaco hidráulico, tipo garrafa, visando relacionar seu comportamento ao de um elemento elástico linear. Esse dispositivo funciona por meio dos princípios de Pascal, dos vasos comunicantes, uma vez que é estabelecida a conexão entre 2 cilindros preenchidos com fluido (óleo) e pistões que se movem em seu interior. O óleo é responsável por transmitir a força aplicada na alavanca de acionamento à carga que se deseja elevar, além de reduzir o atrito e o desgaste das peças internas. Ao ser observado o funcionamento de um macaco hidráulico durante a aplicação e a retirada de uma força, é possível constatar a sua capacidade de recuperar a deformação que lhe é imposta e em aplicações de natureza dinâmica a de restaurar o movimento oscilatório induzido em um sistema mecânico. Dessa observação, surge a hipótese de que um macaco hidráulico pode ser representado matematicamente por uma mola, conforme a lei da elasticidade linear. O dispositivo em estudo é um macaco hidráulico representativo do modelo CJ8-8700, fabricado pela empresa Bovenau, que apresenta curso de elevação hidráulica nominal máxima de 147 mm e um design cilíndrico e bojudo, sendo versátil, prático e simples de usar em diversos setores, como o de construção civil, manutenção mecânica e automobilístico. Os ensaios em laboratório foram realizados no sentido de se obter a rigidez axial, ou coeficiente de mola, desse aparato, levando-se em consideração a real complexidade existente em um sistema mecânico dessa natureza e suas interações internas. O estudo foi realizado por meio de um ensaio de compressão uniaxial, empregando-se um servossistema controlado por computador, tendo sido adotados 5 estágios de elevação do cilindro para sua determinação, em um carregamento do tipo quase-estático. Sobre os resultados obtidos foram aplicados operadores estatísticos para a definição de um valor médio e seu desvio padrão.

Palavras-chave: macaco hidráulico, coeficiente de mola, rigidez axial, atividade experimental.

1. INTRODUÇÃO

O macaco hidráulico é um mecanismo destinado à aplicação de forças mecânicas, normalmente usado para a elevação de cargas e muito presente no segmento automotivo e industrial de diversas áreas. Os modelos do tipo garrafa possuem diversas aplicações, sendo possível encontrar no mercado dispositivos com diferentes capacidades de elevação, que variam de 18 kN a 445 kN, aproximadamente de 2 até 50 toneladas-força. Trata-se de um dos mais simples e básicos equipamentos hidráulicos, além de ser muito versátil e não possuir limitações de carga para os usos correntes. De acordo com Chen (1998), o macaco hidráulico é um dos equipamentos mais eficientes para a melhoria dos processos tradicionais de construção e projetos estruturais. Nesse mesmo contexto, Seo *et al.* (2010) afirmam que o uso de macacos hidráulicos para erguer estruturas civis pesadas tornou-se relativamente comum, sobretudo no campo do reparo e da recuperação, existindo técnicas específicas a serem empregadas para edificações. Isso demonstra a flexibilidade do uso dos macacos hidráulicos e sua contribuição em diversos setores da indústria.

Trata-se de um dispositivo cujo funcionamento está baseado no movimento de um pistão que se situa no interior de um corpo cilíndrico oco, que atua como uma prensa hidráulica pelo princípio de Pascal. Esse princípio preconiza que, ao ser aplicada uma força em uma área pequena, esta é capaz de gerar uma força muito maior, em uma área maior. A primeira prensa hidráulica foi desenvolvida pelo mecânico Joseph Bramah, em 1795, afirma Hanlon (2022), que usava água como fluido para movimentar os pistões. Atualmente, se utiliza óleo mineral para cumprir essa mesma função por possuir a característica de ser um fluido praticamente incompressível, possibilitando a transmissão da força de forma quase instantânea, além de contribuir para reduzir o atrito por conta da alta lubrificação que propicia, e, conseqüentemente, diminuindo o desgaste das peças móveis dos componentes hidráulicos.

A origem dos macacos hidráulicos pode ser atribuída a Richard Dudgeon, proprietário e inventor que recebeu a patente por sua criação em 1851, pontua Muchnik (2015). Costa *et al.* (2017) descrevem o funcionamento de um macaco hidráulico como aquele que ocorre por meio da aplicação repetida de uma força em sua alavanca que resulta na saída do óleo do reservatório para dentro do cilindro, elevando a carga necessária. Nesse caso, o aparelho apresenta duas câmaras concêntricas, uma interna e outra externa, sendo a primeira a responsável pelo acionamento do pistão e a segunda por reservar o óleo. Dentro desse processo de funcionamento, Sainath *et al.* (2014) acrescentam que, ao mesmo tempo em que o êmbolo é empurrado para frente o óleo se move através de uma válvula de retenção de descarga externa para o cilindro da câmara e a válvula de sucção se fecha, resultando no aumento da pressão dentro do cilindro.

Segundo Costa *et al.* (2017) é possível encontrar até 46 peças na construção de um macaco hidráulico, como arruelas, porcas, parafusos e anéis de vedação. Os elementos principais presentes em um macaco hidráulico são: alavanca da válvula de liberação, a base, o anel de obstrução, o cilindro hidráulico, o sistema e o óleo hidráulicos, o tanque de retenção de óleo, o parafuso de extensão, a tampa superior, o pistão da bomba e o anel de obstrução.

Segundo Sainath *et al.* (2014) os macacos podem ser classificados como mecânicos ou hidráulicos a depender do tipo de força que empregam. Os macacos hidráulicos atualmente são os mais usados por não exigirem muito esforço do usuário, além de possuírem uma capacidade de carga muito mais elevada do que os macacos do tipo mecânico, tendo larga utilização no setor da construção civil, mineração, indústria de movimentação e logística em geral. Os do tipo garrafa se tornaram populares em 1990 devido ao avanço da indústria automobilística, mas eles também são utilizados na indústria médica em macas hidráulicas, em elevadores de pacientes, no reparo de máquinas agrícolas e em operações da construção. Saravanan *et al.* (2018) afirmam que esse equipamento pode ser classificado de acordo com a fonte de energia utilizada, o tipo de elevador, o arranjo mecânico, número de cilindros e aspectos construtivos, podendo ser de acionamento hidráulico, pneumático ou elétrico.

Ao se observar o funcionamento de um macaco hidráulico durante a aplicação e a retirada de uma força, é possível constatar a sua capacidade de recuperar a deformação que lhe é imposta e em aplicações de natureza dinâmica a de restaurar o movimento oscilatório induzido em um sistema mecânico ou estrutural. Dessa observação, surge a hipótese de que um macaco hidráulico pode ser representado matematicamente por uma mola. Cabe ressaltar que a mola representa um elemento elástico capaz de absorver energia mecânica e depois restaurá-la em forma de trabalho.

O dispositivo em estudo é um macaco hidráulico do tipo garrafa, do modelo CJ8-8700, fabricado pela empresa Bovenau, com capacidade de elevação de 71,17 kN (~8 toneladas-força), que apresenta curso de elevação hidráulica nominal máxima de 147 mm e um design cilíndrico e bojudo, sendo versátil, prático e simples de usar em diversos setores, como o de construção civil, manutenção e automobilístico. Os ensaios em laboratório foram realizados no sentido de se obter a rigidez axial, ou coeficiente de mola, desse aparato, levando-se em consideração a real complexidade existente em um sistema mecânico dessa natureza e suas interações internas. O estudo foi realizado por meio de um ensaio de compressão uniaxial, empregando-se um servossistema controlado por computador, tendo sido adotados 5 estágios de elevação do cilindro para sua determinação, em um carregamento do tipo quase-estático. Após a obtenção dos resultados foram aplicados operadores estatísticos básicos para a definição de um valor médio e seu desvio padrão.

Em face do estudo realizado, o presente trabalho se encontra estruturado em sete partes principais. Na primeira, introdutória, são elencados os traços principais e os objetivos do trabalho. Na segunda, é feita uma revisão sintética da literatura na qual são destacados os aspectos relacionados à definição de uma mola linear e sobre o funcionamento de mecanismos hidráulicos. Uma pequena retrospectiva histórica é feita nesse contexto. Na terceira parte, é descrita a atividade experimental realizada. Na quarta, faz-se a apresentação e a discussão dos resultados obtidos para, seguidamente, serem feitas as conclusões e realizados os devidos agradecimentos aos apoiadores da presente investigação. Ao final, são relacionadas as referências utilizadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Paliwal *et al.* (2018), a mola é um componente essencial usado para o funcionamento de diversas máquinas, sobretudo quando se faz necessária a restauração do sistema à sua posição de equilíbrio. A mola responde à imposição de um esforço de forma proporcional ao deslocamento imposto, tendo sua rigidez como principal parâmetro de caracterização. Nagre *et al.* (2017) definem que a rigidez da mola é a relação da força aplicada por unidade de deslocamento, ou seja, a rigidez axial de uma mola é a força necessária para produzir um deslocamento unitário. Eles afirmam que essa característica é conhecida como o índice da mola, ou constante elástica, e é o seu principal parâmetro de especificação.

A deformação que é imposta a uma mola é do tipo elástica, definida como aquela que ocorre quando, após aplicação e retirada de uma força a um corpo sólido, esse retoma suas dimensões originais, ou seja, aquelas que possuía antes da aplicação da força. Nessa condição, a tensão máxima induzida no sólido fica abaixo do limite de proporcionalidade da curva tensão-deformação do material, fazendo com que haja completa transformação da energia de deformação acumulada em trabalho quando a força é removida, ou seja, a força interna restauradora criada durante a deformação devolve a forma original do sólido.

A força restauradora de uma mola é calculada pela Eq. (1), que foi apresentada no século XVII pelo físico inglês Robert Hooke (1678). Quando em seus ensaios para medir as deformações de certos corpos sólidos, Hooke notou que,

para muitos materiais, havia uma região dentro do campo das deformações apresentado com características puramente lineares e elásticas. A teoria apresentada por Hooke estabelece que a distensão, positiva ou negativa, de um objeto elástico é diretamente proporcional à força aplicada sobre ele. Isso quer dizer que, dentro de certos limites, a força requerida para deformar um objeto elástico, como uma mola de metal, é diretamente proporcional à deformação imposta. Este comportamento é descrito pela conhecida lei que leva o seu nome:

$$F = k \cdot x, \quad (1)$$

onde F é a força aplicada, x é o deslocamento apresentado pelo corpo, e k é uma *constante de elasticidade* ou o denominado *coeficiente de rigidez axial*, expresso, usualmente, em N/m, no sistema internacional (SI), e por seus múltiplos. Hooke evidenciou que a *rigidez* aumenta para quanto maior for a carga aplicada e menor for o deslocamento imposto. Assim sendo, é possível fazer uma associação direta dessa propriedade com o comportamento apresentado por um macaco hidráulico quando comprimido. Mesmo tendo óleo em seu interior, por hipótese, um macaco hidráulico apresenta uma região, dentro do campo de deformações, de comportamento elástico linear de forma semelhante a uma mola, cuja rigidez pode ser obtida experimentalmente.

Um macaco hidráulico funciona por meio dos princípios de Pascal, dos vasos comunicantes, uma vez que é estabelecida a conexão entre 2 cilindros preenchidos com fluido (óleo) e pistões que se movem em seu interior. O óleo é responsável por transmitir a força aplicada na alavanca de acionamento à carga que se deseja elevar, além de reduzir o atrito e o desgaste das peças internas. De acordo com Wondwossen *et al.* (2017), máquinas, como macacos hidráulicos são equipamentos que utilizam a energia do fluido para realizar trabalho. Nesses dispositivos, um líquido em alta pressão, também conhecido como fluido hidráulico, é responsável pela elevação ou mobilização de cargas e objetos. Para o correto funcionamento de um sistema hidráulico várias peças são necessárias, tais como filtro, bomba hidráulica, tanque de armazenamento, cilindros, válvula de controle, tubulação estanque, entre outras. Cada componente tem papel fundamental no desempenho do sistema.

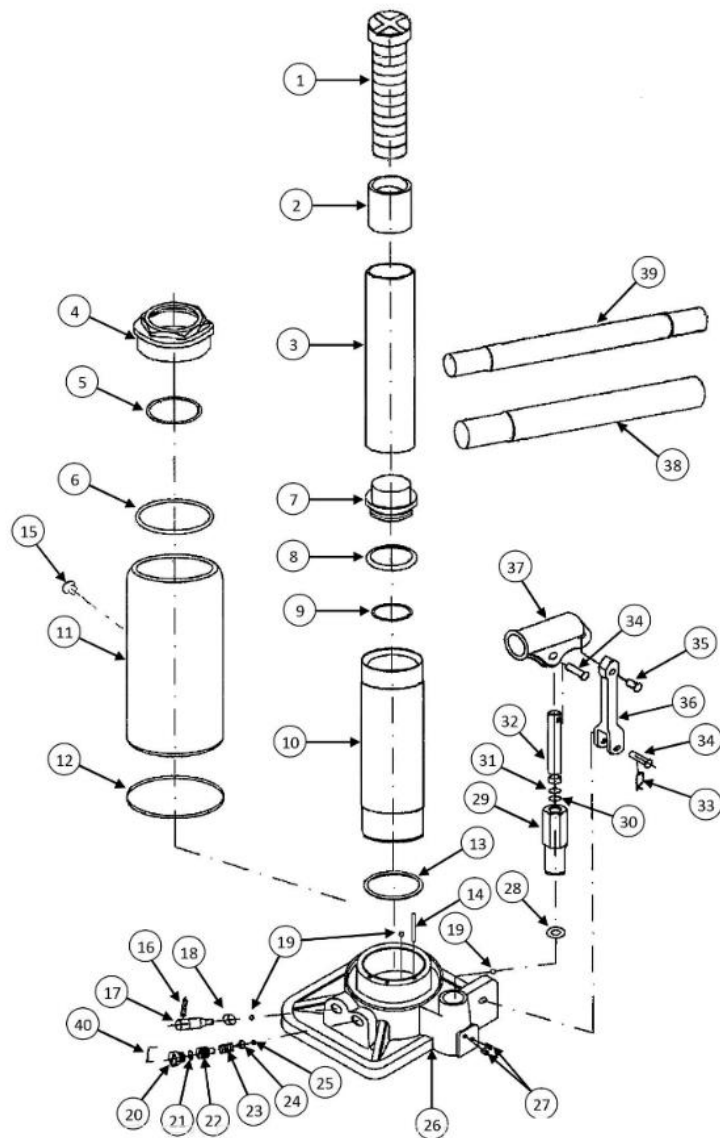
Os macacos hidráulicos do tipo garrafa possuem corpo cilíndrico e gargalo, daí seu nome. Neste tipo de macaco, o pistão é vertical e suporta uma placa horizontal na extremidade (cabeça de apoio) responsável por tocar diretamente o objeto a ser elevado. O mecanismo de operação clássico desses dispositivos consiste em forçar um fluido incompressível para dentro do cilindro movimentando o êmbolo de uma bomba. À medida que o êmbolo se retrai, ele extrai óleo do reservatório por meio de uma válvula de retenção de sucção. A esfera da válvula de sucção está localizada dentro da câmara e abre a cada extração do êmbolo. No mesmo instante, a válvula de descarga que está fora da câmara abre quando o óleo é empurrado para dentro do cilindro. Dessa forma, a esfera de sucção dentro da câmara é forçada a fechar e a pressão do óleo aumenta no cilindro. Quando a força é aplicada continuamente à bomba, é fornecida pressão suficiente para levantar o aríete desde o primeiro estágio até atingir a elevação total e o cilindro parar.

Como visto, um macaco hidráulico é um dispositivo complexo, com diversos componentes internos capazes de promover a ação desejada. O macaco hidráulico objeto da presente avaliação possui uma capacidade de carga de 71,17 kN (~8 toneladas-força, considerando a aceleração da gravidade igual a $9,807 \text{ m/s}^2$), uma altura de construção de 230 mm, dimensões de base de 119 mm x 122 mm, curso de elevação hidráulica de 147 mm, curso do fuso de 80 mm, altura total de 457 mm, diâmetro da cabeça de apoio de 34 mm, comprimento da alavanca de 290 mm e peso (com alavanca) de 5,3 kg, cujas principais partes se vê na Fig. 1.



Figura 1. Macaco hidráulico tipo garrafa (Bovenau, 2018).

Em realidade, os macacos hidráulicos do modelo CJ-8700, fornecidos pela Bovenau, possuem 40 peças, incluindo pinos, arruelas, mola, filtro de óleo, bujão de óleo, fuso regulador, catraca, alavanca, bujão de válvula, esfera, êmbolo e outros componentes, responsáveis pelo funcionamento desse dispositivo, conforme mostrado, em detalhes, na Fig. 2. Os principais são o “O-ring” (de vedação), feito em forma de toro circular, utilizado em condições estáticas e dinâmicas, pistão hidráulico, válvula de segurança, haste de elevação (sujeita ao atrito do fluido, carga compressiva, carga elástica, flambagem e corrosão), o fuso regulador e a placa de base.



Número de peça	Peça	Quant.
01	FUSO REGULADOR	1
02	BUCHA DO FUSO DE ROSCA	1
03	HASTE	1
04	PORTA GUIA	1
05	ANEL ORIN'G DA PORCA GUIA	1
06	ANEL CHATO DE FIBRA	1
07	EMBOLO	1
08	CAPA DO ANEL ORING	1
09	ANEL ANTI-EXTRUÇÃO	1
11	CANECO DE DE' PÓSITO	1
12	ANEL CHATO	1
13	ANEL DE VEDAÇÃO DO CILINDRO	1
14	FILTRO DE ÓLEO	1
15	TAMPÃO DE ÓLEO	1
16	PINO DO FECHADOR	1
17	PARAFUSO FECHADOR	1
18	RETENTOR DO FECHADOR	1
19	ESFERA	3
20	PARAFUSO DE REGULAGEM DA VÁLVULA	1
21	ANEL ORIN'G	1
22	PARAFUSO DE REGULAGEM	1
23	MOLA	1
24	VEDAÇÃO DA ESFERA	1
25	ESFERA	1
26	BASE	1
27	PARAFUSO ALLEN	2
28	ARRUELA	1
29	GUIA SEXTAVADO	1
30	ANEL ORIN'G	1
31	ANEL ORIN'G	1
32	PISTÃO INJETOR	1
33	CONTRA PINO	2
34	PINO DA CATRACA	2
35	PINO	1
36	SUPORTE DA CATRACA	2
37	CATRACA	1
38	ALAVANCA	1
39	ALAVANCA	1
40	TAMPÃO DA VÁLVULA	1

Figura 2. Componentes do Modelo CJ-8700 (Bovenau, 2018).

3. ATIVIDADE EXPERIMENTAL

O ensaio em laboratório foi realizado com o objetivo de se obter a rigidez axial do macaco hidráulico descrito no item anterior. A máquina utilizada para realizar o procedimento foi um servossistema controlado por computador, uma prensa da linha DL, da marca EMIC, com capacidade de 2000 kN. Geralmente, essa prensa é utilizada para realização de ensaios de compressão em corpos de prova de concreto, tendo sido, portanto, adaptada ao presente experimento. Os dados de entrada para configuração da máquina são a carga a ser imposta e a velocidade do ensaio, que foram inseridos manualmente no painel de controle da própria prensa.

Durante a realização do ensaio, o macaco hidráulico foi inserido alinhando-se seu eixo vertical ao do servossistema. Alguns calços foram colocados sob a placa de base do macaco para permitir o ajustamento do dispositivo com o curso de exposição do cilindro desejado e para que a prensa pudesse comprimi-lo de forma adequada, ou seja, com a força agindo diretamente no macaco pelo centroide da placa superior da prensa (Fig. 3). O pistão do macaco foi ajustado na altura (L) prevista no plano do ensaio, sendo aplicado um carregamento do tipo quase estático.

Para conhecer o deslocamento induzido no macaco, foi utilizado um medidor analógico, ou relógio comparador, acoplado à máquina por meio de uma base magnética. O relógio comparador tinha resolução de um décimo de milímetro e era sempre “zerado” antes de serem iniciados os procedimentos. O arranjo e os detalhes dos componentes da atividade experimental podem ser vistos na Fig. 4.

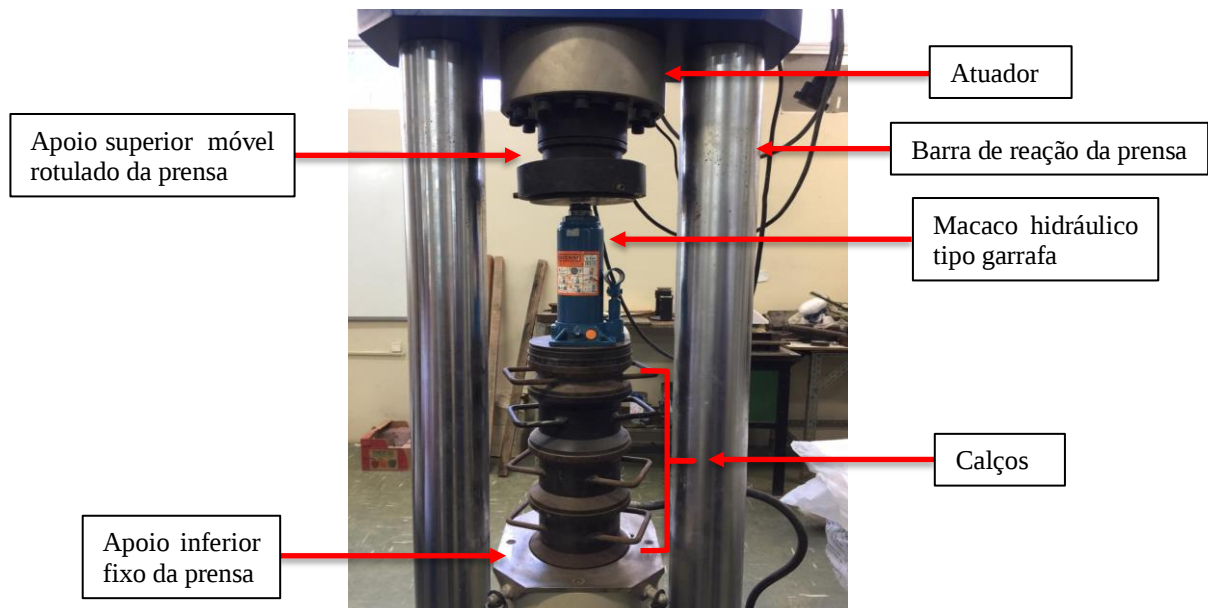


Figura 3. Posicionamento do macaco hidráulico na prensa hidráulica.

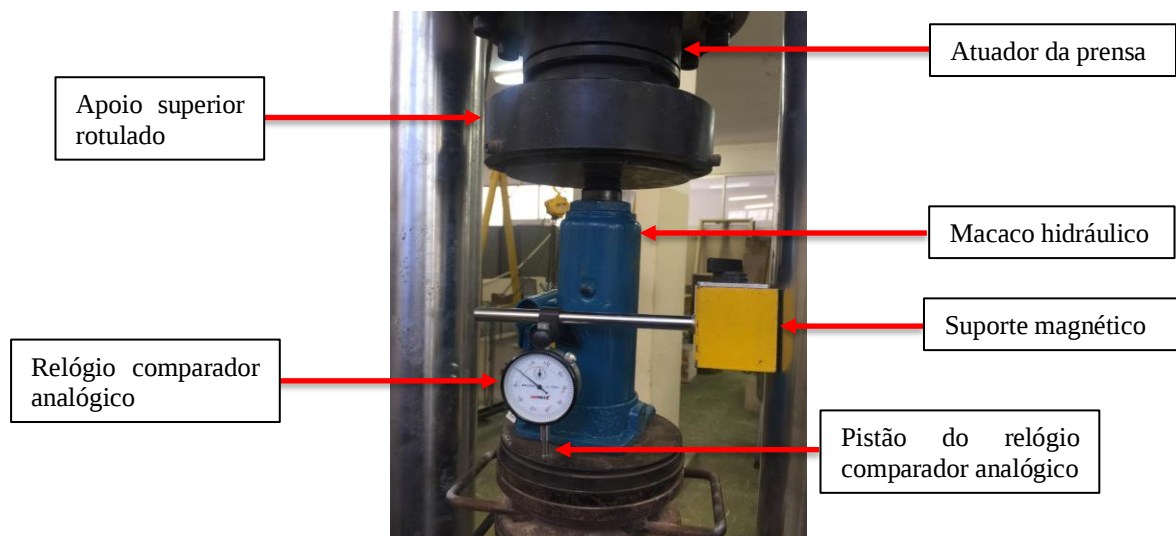


Figura 4. Acoplamento do relógio analógico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tab. 1 encontram-se os valores registrados durante os ensaios. Pode ser verificado que a rigidez axial do macaco depende do curso aplicado à haste de elevação. O valor da rigidez considerando cada altura de elevação, denominada, aqui, de rigidez aparente, é apresentada a seguir. O valor médio, considerando-se todas as posições de teste foi de 2194,08 kN/m, com uma mediana de 2198,70 kN/m e desvio padrão de 1092,03 kN/m.

Cabe ressaltar, entretanto, que uma análise cuidadosa da curva força-deslocamento emitida pelo servossistema permite verificar a existência de um trecho de comportamento linear seguido de outro, menor, de comportamento não-linear, conforme se observa no gráfico da Fig. 5. Importante considerar que a rigidez que se deseja obter deve corresponder apenas à região de comportamento linear do ensaio, devendo haver uma avaliação prévia pelo analista para promover a separação do trecho de interesse, como exemplificado na Fig. 5, onde ΔF e Δx são a variação da força e do deslocamento no trecho selecionado.

Tabela 1. Valores encontrados no ensaio em laboratório.

Ensaio	Altura do cilindro L (cm)	Variação total da força ΔF (kN)	Deslocamento total x (m)	Rigidez aparente k (kN/m)
1	2,00	27,91	0,00945	2.953,41
2	4,50	3,05	0,00911	335,35
3	4,80	40,20	0,01130	3.557,52
4	10,15	18,29	0,00950	1.925,43
5	11,75	12,75	0,00580	2.198,70

Levando-se em conta as observações anteriores e a inclinação do trecho linear é possível encontrar, por observação direta, o valor mais apropriado para o coeficiente de mola, ou rigidez axial, conforme o gráfico da Fig. 6. Com esse tratamento, verifica-se que a rigidez do macaco correspondente ao ensaio 2, tomado como exemplo, é de 458,55 kN/m, o que representa um valor que multiplica o resultado aparente presente na Tab. 1 por 1,37. Esse dado pode ser aplicado, por analogia, aos demais ensaios, o que conduz a valores corrigidos conforme Tab. 2. Nessa nova condição, a média dos valores é de 3005,89 kN/m. É importante registrar que durante o posicionamento do macaco hidráulico na prensa podem ter existido ligeiras excentricidades na aplicação da força, pois a cabeça de apoio do macaco tem diâmetro bem menor que a o do apoio superior da prensa. Esse aspecto que pode ter influenciado, em alguma medida, nos resultados obtidos. Mesmo assim, esses são bons indicadores, tanto do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo.

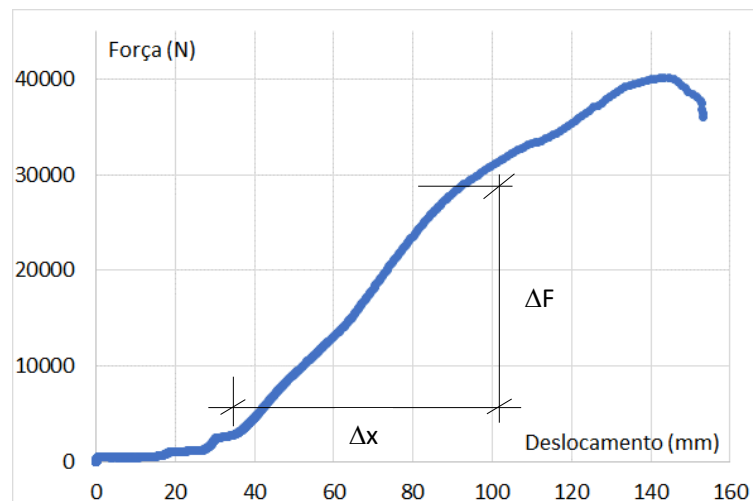


Figura 5. Curva força-deslocamento do servossistema.

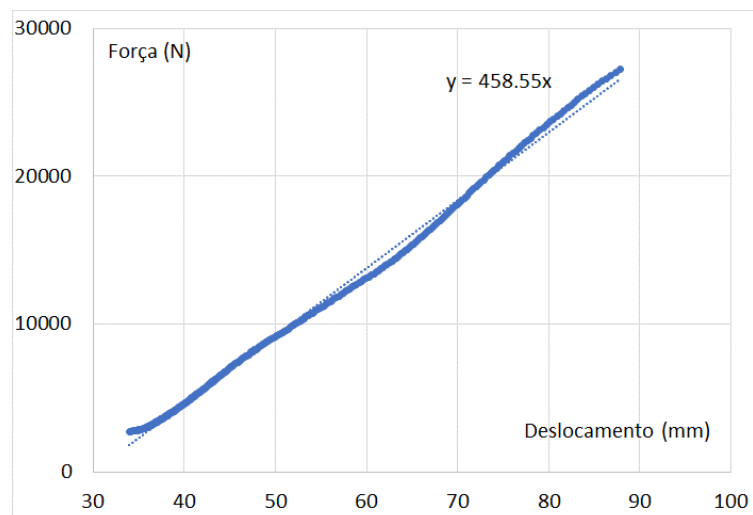


Figura 6. Identificação do trecho linear da curva força-deslocamento.

Tabela 2. Rigidez corrigida.

Ensaio	Rigidez corrigida k (kN/m)
1	4046,17
2	459,43
3	4873,80
4	2637,84
5	3012,22
Média =	3005,89

5. CONCLUSÕES

Neste estudo, foi realizado um experimento para a determinação da rigidez axial de um macaco hidráulico do tipo garrafa visando relacionar seu comportamento ao de um elemento elástico linear. Para isso foi necessário realizar um ensaio de compressão uniaxial utilizando um servossistema controlado por computador, no qual foram adotados 5 estágios de elevação do cilindro para sua determinação, em um carregamento do tipo quase-estático.

A principal contribuição deste trabalho está na possibilidade de se poder representar um macaco hidráulico do tipo garrafa, um dispositivo mecânico cujo funcionamento está baseado na teoria dos vasos comunicantes, repleto de interações internas, por uma mola translacional. A partir do conhecimento desse parâmetro, aparatos semelhantes ao examinado podem encontrar aplicações em sistemas mais complexos, incluindo sua utilização como ferramenta de controle de vibrações em problemas de natureza dinâmica.

Pôde ser observado que a rigidez axial do dispositivo ensaiado depende da altura na qual o cilindro de elevação é colocado. Isso decorre da maior ou menor presença de óleo na câmara de compressão. O valor médio para a rigidez axial do macaco, considerando as posições adotadas no ensaio e o trecho de comportamento linear, foi de 3005,89 kN/m.

Análises futuras deverão incluir a realização de novos experimentos, no sentido de ratificar os valores encontrados. Outro campo de investigação que se vislumbra é o do ensaio do macaco na posição horizontal.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal da Bahia (IFBa), em especial ao Professor Dr. Adriano Silva Fortes, responsável pelo Laboratório de Ensaaios Mecânicos da instituição, pelo apoio fornecido na realização dos experimentos. Os autores agradecem, também, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Universidade da Federal da Bahia (PIBIC/UFBA) pelas bolsas fornecidas.

7. REFERÊNCIAS

- Bovenau, Catálogo, 2018. *Macacos e Equipamentos Hidráulicos*, Santa Catarina, Brasil, p. 12. Disponível em: <<http://conteudo.bovenau.com.br/catalogo-bovenau>>. Acesso em: 22 de março de 2020.
- Chen, J. 1998. “Main technologies for synchronized lifting of huge and heavy structures”. PhD. Thesis, University of Tongji, China.
- Costa, A., Teles, J., Gonçalves, M. e Vatanabe, S., 2017. “Otimização estrutural de um macaco hidráulico”, *RBFTA - Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada*, Vol. 5, Nº 2, pp. 42-62.
- Hanlon, W.W., 2022. “The Rise of the Engineer: Inventing the Professional Inventor During the Industrial Revolution”, Working Paper 29751, *National Bureau of Economic Research*. <http://www.nber.org/papers/w29751>.
- Muchnik, J., 2007. “History of Hydraulic Jacks”. Ezine Publisher, New York. Disponível em: <<http://ezinearticles.com/?History-of-Hydraulic-Jacks&id=886634>>.
- Nagre, N.P., Bhosale, M.S. and Patil, S.C., 2017. “Hydraulic Spring Stiffness Testing Machine”, *ICIIME - International Conference on Ideas, Impact and Innovation in Mechanical Engineering*, Vol. 5, ISSN: 2321 – 8169, pp. 572-576.
- Paliwal, L., Padole, S., Baravkar, A., Pataskar, R. and Upadhyay, P., 2018. “Hydraulic Spring Stiffness Testing Machine”, *International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology*, pp. 324-329.
- Sainath, K., Baig, M.M.J., Farooky, M.A., Ahmed, M.S., Uddin, M.R., Azhar, F.U.R. and Shaffi, M., 2014. “Design of Mechanical Hydraulic Jack”, *Journal of Engineering*, Vol. 04, pp. 15-28.
- Saravanan, A., Suresh, P., Arthanari, V., Nethaji, S. and Muthukumar, S., 2018. “Design and analysis of trestle hydraulic jack using finite element method”. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, Vol. 8, Nº 6.

- Seo, J., Yoo, W. S., Lee, U.K., Kim, C., Kang, K.I. and Chod, H., 2010. "Case study of a synchronous hydraulic jack-up system for constructing high-rise residential buildings", *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 37, N° 6, p. 922.
- Wondwossen, H., Kalayu, H., Cherkos, K.G. and Fetene, M., 2017. "Design project I Hydraulic Bottle Jack Design, Woldia University", Faculty of Technology Department of Mechanical Engineering, Ethiopia.

8. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE AXIAL STIFFNESS OF A BOTTLE TYPE HYDRAULIC JACK

Cibele Mota Menezes, cibele_menezes@hotmail.com¹

Lázaro Sabas Marques Silva Cheles Nascimento, sabasengcivil@hotmail.com¹

Vanessa Cruz Pacheco, vanessa_cruz_pacheco@hotmail.com¹

Alexandre de Macêdo Wahrhaftig, alixa@ufba.br^{1,2}

¹Universidade Federal da Bahia (UFBA), Escola Politécnica, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPEC), Rua Aristides Novis, nº 02, 8º andar, Federação, Salvador – BA, CEP: 40210-630, Brasil

²Universidade Federal da Bahia (UFBA), Escola Politécnica, Departamento de Construção e Estruturas (DCE), Rua Aristides Novis, nº 02, 5º andar, Federação, Salvador – BA, CEP: 40210-630, Brasil

Abstract. *This work presents an experimental study to determine the axial stiffness of a hydraulic jack, bottle type, aiming to relate its behavior to that of a linear elastic element. This device works by means of paschal principles, of the communicating vessels, since the connection between 2 cylinders filled with fluid (oil) and pistons that move inside is established. The oil is responsible for transmitting the force applied to the drive lever to the load to be lifted, in addition to reducing the friction and wear of the internal parts. When observing the operation of a hydraulic jack during the application and removal of a force, it is possible to verify its ability to recover the imposed deformation and in applications of a dynamic nature to restore the oscillatory movement induced in a system. From this observation, the hypothesis arises that a hydraulic jack can be represented mathematically by a spring. The device under study is a model CJ8-8700, manufactured by Bovenau company, which has a maximum nominal hydraulic lift stroke of 14.7 cm and a cylindrical and bulky design, being versatile, practical, and simple to use in several sectors, such as civil construction, mechanical maintenance, and automobile. Laboratory tests were carried out in order to obtain the axial stiffness, or spring coefficient, of this apparatus, taking into account the real complexity existing in a mechanical system of this nature and its internal interactions. The study was carried out through a uniaxial compression test, using a computer-controlled servosystem, having adopted 4 stages of cylinder elevation for its determination, in a quasi-static loading. After obtaining the results basic statistic operators were applied to determine an average value and its standard deviation.*

Keywords: hydraulic jack, spring coefficient, axial stiffness, experimental activity.